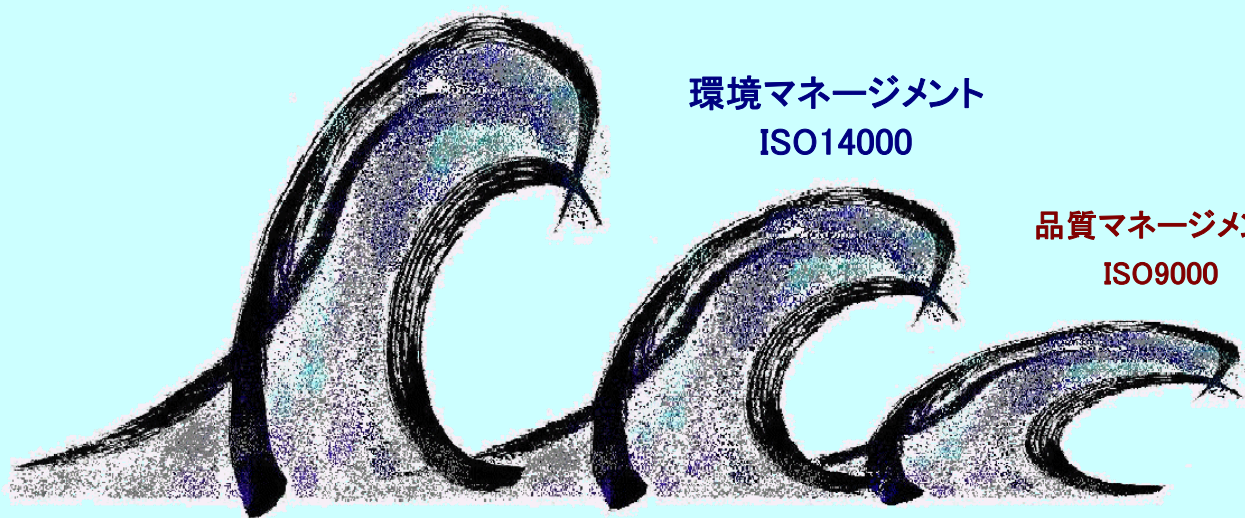
リスクアセスメントの浸透と 評価技術の向上を目指して

安全規格は、第３の波として
確実に近づいています。

「安全第一」を掛け声で終わらせないために
企業責任として取組むべきことがあります。

社団法人日本電機工業会
The Japan Electrical Manufacturers' Association

はじめに

日本では最近、産業の現場における重大事故が多発しています。厚生労働省の調査によると、製造現場での死傷者は減少してきているものの、「安全」が企業活動において最大限配慮されるべきものであることを踏まえると、きわめて深刻な状況です。高齢化や合理化による現場の熟練経験者の減少等社会的な要因も背景にあると考えられます。しかし、「人は間違いをおこす・機械は壊れる」という本質的な事項を基本とした世界的な安全への取り組みを要求される状況は、品質、環境に続く第3の波として確実に近づいています。 2006年4月に労働安全衛生法が一部改正され、危険性・有害性に係る調査及び低減措置を拡充する自主的な取り組みをすることが、新たに努力義務として追加されました。この流れに少しでもお役に立てるようにと(社)日本電機工業会電機商品サービス専門委員会では、本パンフレットを作成しました。皆様のご参考となれば幸いです。

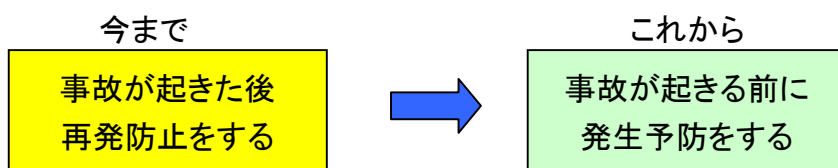
尚、本パンフレットでは、安全に関する世界の流れからリスクアセスメントの考え方までを解説を含めて紹介します。また、2．3項の「チェックリスト」と 2．4項の「産業用電気品のリスクアセスメント判定基準例」につきましては、当委員会の提案です。ただ、いずれも、このチェックリストや産業用電気品のリスクアセスメント判定基準例によるだけでは不充分であるかもしれません。個別の製品規格（C規格）や各社の実情に合わせた対応が必要となります。

｛ この資料は、JEMAホームページ［オンラインストア］
→［無償公開パンフレットはこちら］より、ダウンロード可能です。｝

今まで

事故が起きた後
再発防止をする

これから

事故が起きる前に
発生予防をする

- 人間は間違いをおこす。
- 機械は壊れる。

［ 目　　次 ］

1. リスクアセスメント

労働安全衛生法が改正され、リスクアセスメントが努力義務として明記されました。

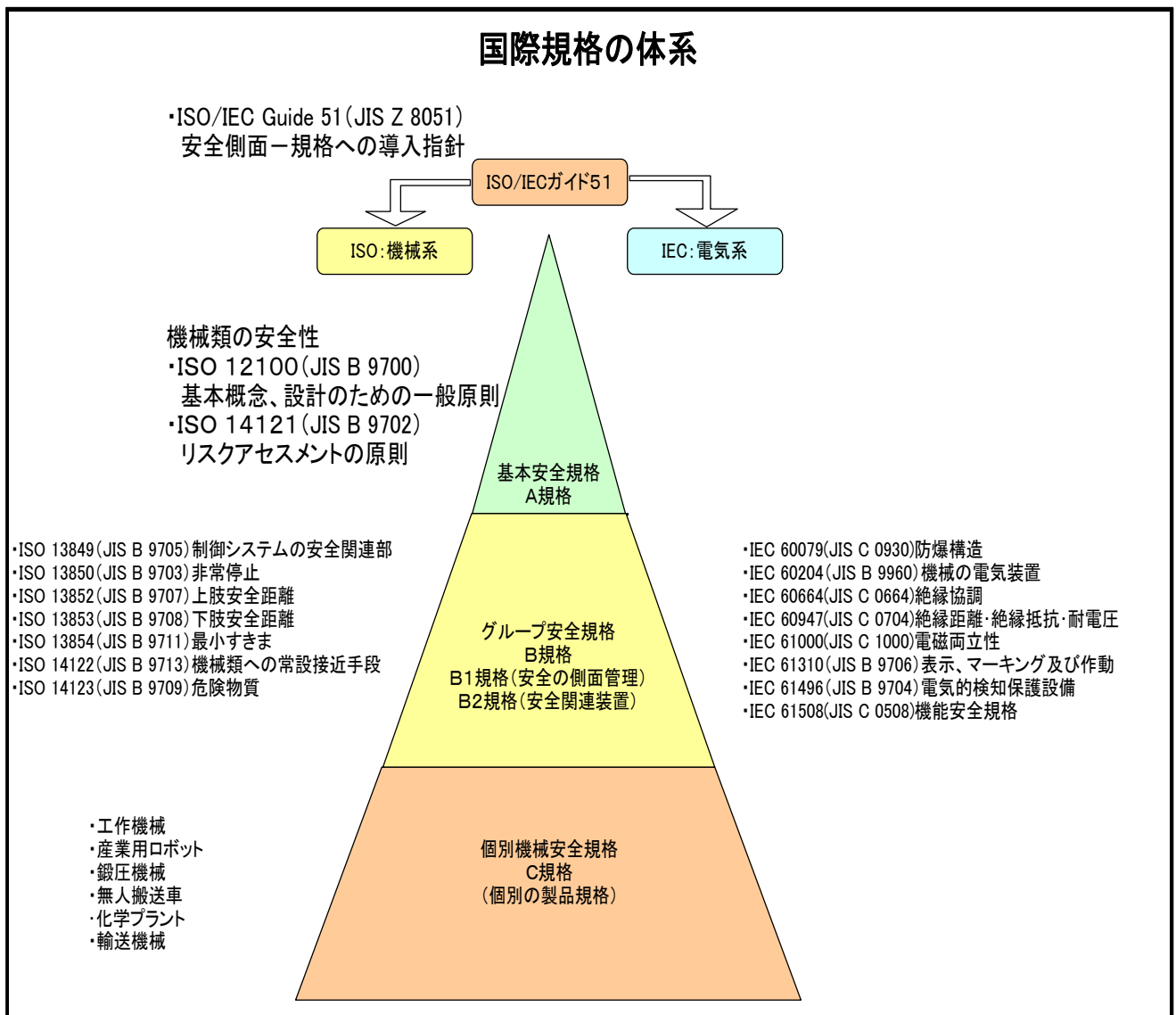
1．1　安全とは

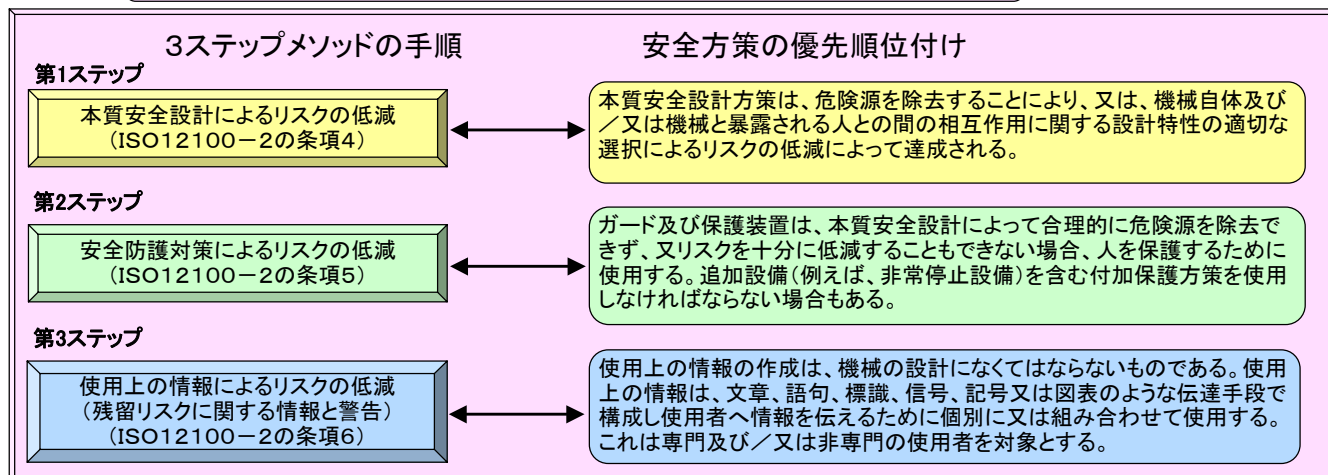
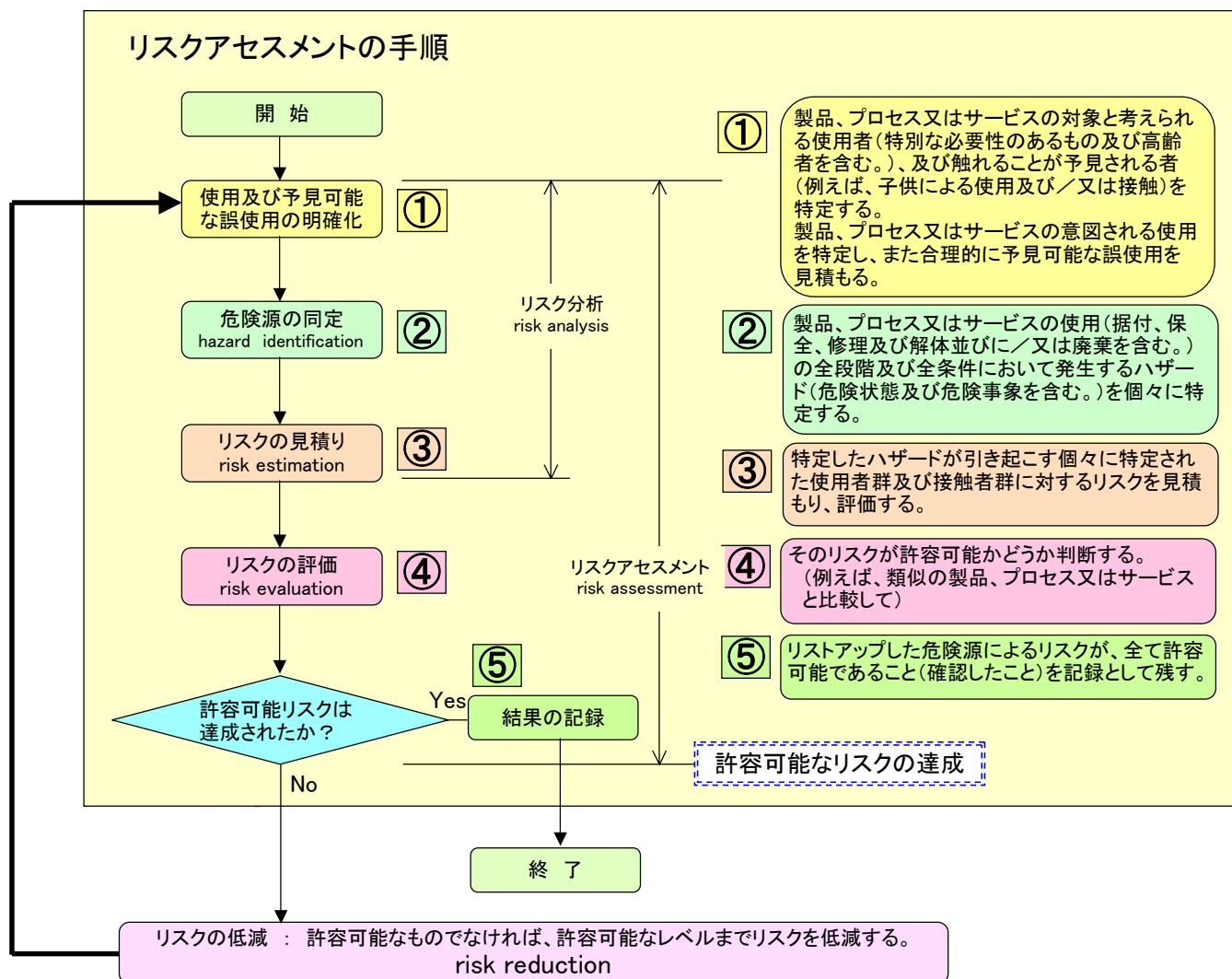
受容できないリスクがないことです。

・リスクとは、危害の発生確率及びその危害の程度の組合せです。
・危害とは、人の受ける身体的傷害若しくは健康傷害、又は財産若しくは環境の受ける害です。

1．2　国際安全標準の流れ

1）新しいものもどんどん出てくるので、国が全部規制するのは不可能です。
　自分たちで安全を作って行くという自主対応が必要となります。
2）必須安全要求事項を決め、自主適合宣言又は第三者認証機関において認証します。
3）三層構造の規格
　日々進化する製品の構造規格*1を作っていては技術内容を更新できないので
　性能規格（C規格）とA／B規格を組合せて活用し、最新の製品に対応します。

＊1 個別製品の安全確保のため、寸法や材質などを規定した規格

１．３ リスクアセスメントと安全方策の手順

リスクアセスメント及び安全方策の手順を示します。具体的手順については、[解説]を参照して下さい。
尚、許容可能リスクとは、社会における現時点での評価に基づいた状況下で受け入れられるリスクを言います。

2. [解説]リスクアセスメントと3ステップメソッドの進め方

従来の安全の守り方、確保の仕方は、(誰かが決めてくれた)基準を守っていれば良いという発想でした。しかし、リスクアセスメントは、事前に自分で危険な所を見つけ、自分で対策を打つというものです。そこには、(誰かが決めてくれた)明確・普遍の絶対的基準があるわけではなく、自己判断(=メーカ責任)が要求されます。

安全に対して「再発防止型」の考え方から、「未然防止型」への要求に応えるため、リスクアセスメントは重要なポイントです。リスクアセスメント及び安全方策の具体的手順について説明いたします。

2. 1　リスクアセスメントの手順

【第1手順】

使用及び予見可能な誤使用の明確化

まず最初にやることは、対象装置(製品)の特徴を正確に把握し、使用目的・使用条件を明確にすること。永遠に使える装置はありませんので、有効期限は何年まで、こういう用途で使う、使用者はこういう条件を満たしていること、設置のための条件はこれこれと、整理します。

次に「予見可能な誤使用」といって、普通の人(組み立て作業者、設置工事者、オペレータ、保守要員などに加え、清掃作業者や対象装置に近づく可能性のある第三者まで含める)だったら、こんなミスや本来の目的外での使用をするであろうと想像し、その「誤使用」まで、条件に加えるようにします。

【第2手順】

危険源の同定(特定)

この装置には、どういう危ない所があるかを全て洗い出し、リストとして整理します。この作業は、プロにとって意外と難しい作業で、無意識の内に回避している危険源などを、つい見落としてしまいます。この見落としを少しでも防ぐために、ISO 14121(JIS B 9702)「リスクアセスメントの原則」の附属書Aとして記載されている、「危険源、危険状態及び危険事象の例」が参考になります。

電気的な危険源については、抜粋・追加したチェックリストを2. 3項に添付しましたのでご利用ください。IEC 60204(JIS B 9960)など、あるいはCEマーキングの低電圧指令やEMC指令での要求項目が国際的にも通用する安全レベルと考えることが出来ますので参考にして下さい。

【第3手順】

リスクの見積もり

リストアップした危険源が原因で、どれぐらいのリスクが生じるかを見積もります。
危害の起きる確率と、その危害のひどさの組み合わせが、リスクです。直接的に数値化することが難しい対象装置(製品)では、通常ランク分けによる方法を取ります。色々な見積もり方法が利用されていますが、ここでは代表例としてMIL-STD-882Dを参考としたランク分けを紹介します。

危害の発生確率

発生の確率	ランクレベル	発生確率	
		特定製品	製品群全体
繰り返し発生	A	頻繁に起こる	絶えず経験する
可能性多い	B	使用期間中に数回起こる	頻繁に起こる
時々発生	C	使用期間中にたまに起こる	数回起こる
可能性僅か	D	使用期間中には起こる可能性がある	ありそうもないが、合理的に見て起こりえる
可能性なし	E	使用期間中には起こる可能性はない	ありそうもないが、可能性はある

危害のひどさ

ランク	危害の大きさ	被害の大きさ
I	致命的	死亡、システム喪失、致命的な環境破壊
II	重大な	重傷又は重大な職業病、重大なシステム障害、重大な環境破壊
III	限界的	軽傷又は軽度な職業病、軽度なシステム障害、軽度な環境破壊
IV	無視可能	軽微な傷又は軽微な職業病、軽微なシステム障害、軽微な環境破壊

【第4手順】

リスクの評価

リストアップし、そして見積もられたリスクが許容可能か否かを判定します。
絶対的な基準が無く、自己責任において判定することになりますが、実はここが最も重要なポイントで、製造物責任法(PL法)の裁判でも論点になる所です。
許容可能と判断したリスクは(もちろん保護方策を加えても良いのですが、コストとの兼ね合いで判断されます)、通常そのまま製品のリスクとして残りますので、残留リスクと呼ばれます。

評価方法も色々とありますが、ここでは参考として
MIL-STD-882D での順番・マトリクスの例を紹介します。

順番法での評価数値

危害のランク		ひどさ			
		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
発生確率・頻度	A	1	3	7	13
	B	2	5	9	16
	C	4	6	11	18
	D	8	10	14	19
	E	12	15	17	20

APPENDIX A
TABLE A-Ⅲ より
[Example mishap
risk assessment values]

リスク評価基準

評価数値 順番の番号	リスクの大きさ 《判断基準》	判断レベル
1～5	高い (許容できない)	担当取締役
6～9	要注意 (望ましくない)	プログラム担当部長
10～17	中程度 (許容可能・要検討)	プログラム・マネージャー
18～20	低い 許容可能	担当者

この判断基準は、MIL規格の性格上、武器や大量破壊兵器までも配慮しているため、民生用途では適切な判断基準とならない場合があります。産業用電気品のリスクアセスメント判定基準例を2．4項に提案します。

【第5手順】

結果の記録

リストアップした危険源が、全て許容可能で、保護方策が必要無いと判断したことを記録として残します。
（上記の判断基準で、要検討の場合は、実際に検討（検証）した内容も記録として残します。）

リスクの低減

リスクアセスメントは、本来評価ですから、前記の第5手順（結果の記録）までを指します。しかし、結果に問題（製品として認められないリスク）があれば、対策を打たねばなりません。従いまして、ここでは次の段階である、リスクの低減「3ステップメソッド」までを一連の作業と捉え、説明します。

リスクアセスメントの結果、もし要検討で保護方策が必要な場合を含め、望ましくない、許容できないリスクがあれば、対策・低減＝「設計者により講じられる保護方策」*を行います。
なお、リスクの低減を実施した後で、その「保護方策」によって新たに生み出されたリスクが無いことを確認するため、改めて第1手順から繰り返します。

*「設計者により講じられる保護方策」は、3ステップメソッドとも呼ばれ、
1. 本質安全の追求「本質安全設計方策」
2. 安全装置の追加「安全防護及び付加保護方策」
3. 残留リスクに対する、注意事項の明示／取扱説明「使用上の情報」

の順番（優先順位）で安全性を作り込みます。

2．2 3ステップメソッドの進め方

【第1ステップ】

「本質安全設計方策」

本質的に危険源が存在しないように設計することです。
感電の危険なら電圧を下げる、尖っていて危ない部分は丸くする、指が入ってしまう隙間を塞ぐ、クレヨンの材料として用いていた毒性の恐れのある材料を、食べても人体に影響の少ない成分に切り替えるなどです。
しかし、必ずしも本質安全設計ができるとは限りません。装置（製品）の特性（機能維持）から、どうしても危険源が残ってしまうのが通常です。

【第2ステップ】

「安全防護及び付加保護方策」

本質安全設計がうまく実現できなかった危険源に対し、安全防護方策を実施します。つまり、安全装置を付けることです。

機械安全の例としては、ガード(防護柵)を追加することなどです。ガードで危険源を囲ってしまい、人が近づけないようにすることです。これは、「隔離の安全」とも言われます。

しかし、危険源自体がなくなったわけではなく、保全などの理由で、ガードを開けることが必要となる場合があります。このような場合への配慮として、機械が停止状態になるまでガードが開けられないようにします。これは、「停止の安全」とも言われます。

実際には色々な安全装置が存在しますが、安全装置自身が故障することで安全が確保できなくなるケースが問題点となります。故に、本質安全設計方策の方が高い優先順位になっているのです。

なお、安全保護及び附加保護方策を設計する時の参考として、ISO 13849ー1(JIS B 9705ー1)では、機械制御システムに於ける安全関連部の安全機能維持能力を下表のように分類しています。

安全対策カテゴリー

安全装置の危険側故障問題(発生確率と信頼性)

詳しくは、ISO 13849ー1、JIS B 9705ー1を参照のこと。

安全対策カテゴリー	要求事項	安全機能の維持能力 (不具合発生時の挙動)	機能上の特徴
B	・機械制御システム安全関連部の目的機能を実現すること (装置の中で、安全を確保する目的を担っている部分が、正常時には正しく機能すること)	・不具合発生時安全機能を損なう場合が十分に起こり得る	・使用部品の選択による。
1	・カテゴリーBの要件を満たすこと ・十分に加味された高信頼性のコンポーネントを使用すること ・安全確保は安全原則に従うこと	・カテゴリーBと同様であるが、安全関連部の安全確保機能の信頼性は高い	
2	・カテゴリーBの要件を満たすこと ・安全確保は安全原則に従うこと ・安全機能が適当な間隔でチェックされる	・安全機能の消失はチェックによって検出されるが、チェック間隔時間の間では安全性を損なう	・安全性を確保するためのシステム構成方法に依存する。 ・安全性が構造として定まっている。
3	・カテゴリーBの要件を満たすこと ・安全確保は安全原則に従うこと ・設計要件:単一不具合で安全機能を損なわないこと ・単一不具合はできる限り検出されること	・単一不具合で安全機能は損なわれない ・全てではないが、不具合は検出される ・未検出の不具合の蓄積(複数故障)によって安全機能を損なう場合がある	
4	・カテゴリーBの要件を満たすこと ・安全確保は安全原則に従うこと ・設計要件:単一不具合は、安全機能実行時、もしくはその前に検出されること。これができないときは、不具合の蓄積によっても、安全機能を損なわないこと	・不具合が生じても、常に安全機能は損なわれない ・不具合は安全機能実施前の段階で必ず検出される(予防措置)	

【第 3 ステップ】

「使用上の情報」

第2ステップまでを実施しても、まだ十分にリスクを下げられない場合があります。また、教示や修理などで電源を入れた状態で、ガードを超えて接近するケースもあります。そのようなリスクを残留リスクと言います。

この残留リスクに対して「使用上の情報」により、リスクを低減します。

「ここには、こういう危険源があって、こういうリスクが存在します」という警告を発し、ラベルを貼るのです。そして、そのリスクを避けるためのマニュアル（取扱説明書）を添付しておきます。

- 3ステップメソッドにより、どのようにリスクを低減したかの記録を残して下さい。
  万一、製造物責任問題・PL訴訟に発展した場合の防御資料となります。

- 3ステップメソッドで、リスクを低減した後、実際に残留リスクが許容範囲に入ったことの確認と、設計変更に伴い新たな危険源が発生していないことの確認のため、再度リスクアセスメント（第1手順から第5手順）を実施して下さい。

◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇ ご 参 考 ・ 特に関係の深い法律（抜粋） ◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇◇

製造物責任法　（平成七年七月一日施行）抜粋

（製造物責任）

第三条　製造業者等は、その製造、加工、輸入又は前条第三項第二号若しくは第三号の氏名等の表示をした製造物であって、その引き渡したものの欠陥により他人の生命、身体又は財産を侵害したときは、これによって生じた損害を賠償する責めに任ずる。ただし、その損害が当該製造物についてのみ生じたときは、この限りでない。

（免責事由）

第四条　前条の場合において、製造業者等は、次の各号に掲げる事項を証明したときは、同条に規定する賠償の責めに任じない。

一　**当該製造物をその製造業者等が引き渡した時における科学又は技術に関する知見によっては、当該製造物にその欠陥があることを認識することができなかったこと。**

二　当該製造物が他の製造物の部品又は原材料として使用された場合において、その欠陥が専ら当該他の製造物の製造業者が行った設計に関する指示に従ったことにより生じ、かつ、その欠陥が生じたことにつき過失がないこと。

労働安全衛生法等の一部を改正する法律

（平成十八年四月一日施行）抜粋

第二十八条の二

事業者は、厚生労働省令で定めるところにより、**建設物、設備、原材料、ガス、蒸気、粉じん等による、又は作業行動その他業務に起因する危険性又は有害性等を調査し、その結果に基づいて、この法律又はこれに基づく命令の規定による措置を講ずるほか、労働者の危険又は健康障害を防止するため必要な措置を講ずるように努めなければならない。** ただし、当該調査のうち、化学物質、化学物質を含有する製剤その他の物で労働者の危険又は健康障害を生ずるおそれのあるものに係るもの以外のものについては、製造業その他厚生労働省令で定める業種に属する事業者に限る。

2　厚生労働大臣は、前条第一項及び第三項に定めるもののほか、前項の措置に関して、その適切かつ有効な実施を図るため必要な指針を公表するものとする。

2.3　チェックリスト　危険源、危険状態及び危険事象の例

本チェックリストは　ISO 14121（JIS B 9702）の附属書A(参考)［危険源、危険状態及び危険事象の例］から第2項の「電気的危険源」をピックアップし、さらに本委員会で必要と思われる項目を追加したものです。
（附属書Aからの引用部分は*斜体*で記入）

No	危険源	関係する段階						
		①搬入	②据付	③運用	④保全	⑤修理	⑥解体	⑦廃棄
1	***充電部に人が接触（直接接触）***							
	・安全離隔距離			○	○			
	・離隔遮蔽			○	○			
	・警告表示	○	○	○	○	○	○	○
	・充電部が露出していないか			○	○			
	・充電部カバーの強度・耐久性			○	○	○		
2	***不具合状態下で充電部に人が接触（間接接触）***							
	・電源遮断後にも残留電圧が存在する部分への接触(保守・点検など)			○	○	○		
	・電源遮断後のコンデンサ残留電荷（一旦接地しても電圧が回復する場合がある）				○	○		
	・直列接続されたコンデンサの不適切な接地による残留電荷				○	○		
	・保守時に確認のための注意銘板はあるか				○	○		
3	***高電圧下の充電部に接近***							
	・安全離隔距離			○				
	・離隔遮蔽			○				
	・警告表示	○	○	○	○	○	○	○
	・保守時に確認のための注意銘板はあるか				○			
4	***静電気現象***							
	・電源遮断後のモールド表面の静電気への接触			○	○	○	○	○
	・コンデンサの残留電荷放電・接地				○	○		
	・保守時に静電気を逃がすための設備はあるか				○	○		
5	***熱放射、または短絡もしくは過負荷などから起こる溶融物の放出や化学的効果など***							
	・電源遮断後の発熱部への接触（保守・点検など）				○	○		
6	**ソフトウエアのエラー**							
	・*ノイズによる誤動作*			○	○			
	・センサー・部品の故障時に安全側に停止するか			○	○			
	・操作ミスを検出して誤動作を防止できるか			○				
7	***その他***							
	・接地の指示と警告が適切か		○	○	○	○		
	・用途制限・使用者（操作者）の資格			○				
	・有害物の有無、有害生成物の有無				○	○	○	○
	・寿命・不具合時の情報				○	○		
	・電磁波の輻射			○	○			
	・*ノイズによる誤動作*			○				
	・高周波			○				
	・磁力			○				
	・電線の種類		○					
	・温度・耐熱			○				
	・非常停止の解除時に機械が再起動しないか。			○	○			
	・機械の安全回路が故障したときに機械の動力の電源を止めることが出来るか。			○	○			
	・安全回路が故障したときに機械の再起動が出来ないようになっているか。			○	○			
	・マニュアルへの記載（正しい設置と使用方法、残留リスクへの警告）	○	○	○	○	○	○	○
	・防爆仕様：適切な適用規格に準拠しているか	国内：安協の認定が必要						

2.4 産業用電気品のリスクアセスメント判定基準例

産業用電気品のリスクアセスメントに於いて、標準的なクラス分けと判定基準を示します。
適用に当たっては、個々の製品やアプリケーションを加味して、より適切な内容に見直すべきものであり、ここに記載した内容を厳格に守らなければならないという性質のものでありません。
但し、リスクアセスメントは体系だった方法により実施されるべきものであり、作り手側の論理で毎回判定基準がぶれるような運営とならないよう注意が必要です。

1.「危害のひどさ」のクラス分け

アプリケーションを想定して、起こり得る最悪状況として評価します。

	危害のひどさ（事例）			
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
人身事故	死亡または高度障害 （回復の見込みがない要介護状態）	部分的な恒久身体障害 （指の切断・亡失など）	休業（1日以上）を余儀なくされる怪我	無休業レベルで、完全に回復する怪我
焼損・火災事故	延焼（工場火災）	盤内・装置内の延焼	装置の部分的発煙	装置の部分的変形・変色
物損事故	1億円以上 製造ラインへの重大な影響 （半導体工場全体への波及など）	1億円未満 （客先装置への著しい損傷）	50万円未満 （客先の保守要員により修復可）	3万円未満
環境破壊	法令に反する*回復不可能なダメージ	法令に反する*が回復可能なダメージ	法令に反しない環境への悪影響	ごく限定できる領域への悪影響

＊　製品そのものが法令に反する場合は、当然ながら製品認定不可とします。
→　製品の危険源により結果として「法令に違反する環境破壊」が想定される場合について、その発生確率を考えて評価します。

2.「危害の発生頻度」のクラス分け

2．1　ライフサイクルにおける、発生確率を算出できる場合

発生確率		
	A	$10^{-1} \leqq x$
	B	$10^{-2} \leqq x < 10^{-1}$
	C	$10^{-3} \leqq x < 10^{-2}$
	D	$10^{-6} \leqq x < 10^{-3}$
	E	$x < 10^{-6}$

2．2　発生確率の算出が困難な場合

出荷製品全体（全数）として判断します。

発生確率			
	A	頻発する	5回／年　≦ x
	B	しばしば発生する	1回／年　≦ x ＜ 5回／年
	C	時々発生する	1回／5年　≦ x ＜ 1回／年
	D	起こりそうも無い	1回／10年 ≦ x ＜ 1回／5年
	E	まず起こり得ない	x ＜ 1回／10年

3．判定基準

リスクは「危害のひどさ」と「危害の発生頻度」との組合せにより、大きさを判定します。
ここでは、4種類の危害に層別して、マトリクスに整理しました。

人身事故

発生確率	危害のひどさ Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
A	①	①	②	③
B	①	①	③	④
C	②	②	④	⑤
D	④	④	⑤	⑥
E	⑤	⑤	⑥	⑥

焼損・火災事故

発生確率	危害のひどさ Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
A	①	②	③	③
B	①	③	④	④
C	①	④	③	⑤
D	③	⑤	⑥	⑥
E	⑤	⑥	⑥	⑥

物損事故

発生確率	危害のひどさ Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
A	①	②	③	④
B	①	③	④	⑤
C	②	④	⑤	⑤
D	④	⑤	⑥	⑥
E	⑤	⑥	⑥	⑥

環境破壊

発生確率	危害のひどさ Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
A	①	①	①	②
B	①	①	②	③
C	①	②	③	④
D	②	③	⑤	⑤
E	③	⑤	⑥	⑥

- ①　出荷不許可
- ②　製品認定者による決裁にて限定的出荷可能（Engineering Sample等）
- ③　改善が望ましい　品質保証部長による決裁で出荷可能
- ④　改善が望ましい　工場長による決裁で出荷可能
- ⑤　改善努力を要す　設計課長による決裁で出荷可能
- ⑥　コスト等を考慮し、可能なら改善

参考資料

主な参考規格
JIS Z 8051　安全側面ー規格への導入指針　(ISO/IEC Guide 51)
MIL-STD-882D　システム安全に関する標準的実施方法

【A規格】
JIS B 9700　機械類の安全性 — 設計のための基本概念、一般原則　(ISO 12100)
JIS B 9702　機械類の安全性 — リスクアセスメントの原則　(ISO 14121)

【B規格】 ISO／機械系
JIS B 9703　機械類の安全性 — 非常停止 — 設計原則　(ISO 13850)
JIS B 9705　機械類の安全性 — 制御システムの安全関連部　(ISO 13849)
JIS B 9707　機械類の安全性 — 危険区域に上肢が到達することを防止するための安全距離　(ISO 13852)
JIS B 9708　機械類の安全性 — 危険区域に下肢が到達することを防止するための安全距離　(ISO 13853)
JIS B 9709　機械類の安全性 — 機械類から放出される危険物質による健康へのリスクの低減　(ISO 14123)
JIS B 9711　機械類の安全性 — 人体部位が押しつぶされることを回避するための最小すきま　(ISO 13854)
JIS B 9713　機械類の安全性 — 機械類への常設接近手段　(ISO 14122)

【B規格】 IEC／電気系
JIS B 9704　機械類の安全性 — 電気的検知保護設備　(IEC 61496)
JIS B 9706　機械類の安全性 — 表示、マーキング及び作動　(IEC 61310)
JIS B 9960　機械類の安全性 — 機械の電気装置　(IEC 60204)
JIS C 0508　電気・電子・プログラマブル電子安全関連系の機能安全　(IEC/FDIS 61508)
JIS C 0664　低圧系統内機器の絶縁協調　(IEC 60664)
JIS C 0704　制御機器の絶縁距離・絶縁抵抗及び耐電圧　(IEC 60947 等)
JIS C 0930　電気機器の防爆構造総則　(IEC 60079)
JIS C 1000　電磁両立性　(IEC 61000)

社団法人　日本電機工業会

〒102-0082　東京都千代田区一番町17番地4　TEL(03)3556-5885
ホームページアドレス　http://www.jema-net.or.jp

電機商品サービス専門委員会
重　1809 (19.3)